

寻求一个与伟大国家相称的载人航天飞行计划

——美国载人航天飞行计划委员会评审报告

(摘要)

美国的载人航天项目似乎正在不可持续的道路发展。所追求的目标与分配资源不相符，这永远是一种危险的做法。空间活动是人类有史以来所进行的最复杂和最不允许失误的追求。这是真正像火箭一样快速发展的科学。当现实方法不能满足期望时，空间活动变得更加困难。这就是目前美国载人航天计划所处的境地。

美国正面临着对未来载人航天发展作出重要决策的时刻。美国从 1972 年起开始围绕近地轨道开展载人航天活动，现在是否该离开低地球轨道去探索太阳系，为人类文明最终进入空间铺平道路？如果是这样，如何确保美国的空间探索能为国家提供最大利益？美国是否可以在合理保证安全的情况下进行探索？美国是否能够调集资源来保证任务的开展？

无论最终选择何种载人航天计划，都必须配置任务所需的资源。美国怎样才能调动必要的资源？实际上，今天与 1961 年肯尼迪总统计划在 60 年代末之前完成载人登月并安全返回相比，有更多可行的方案供选择。

首先，空间探索已成为全球性事业。许多国家渴望在空间有所作为，这些国家全部空间计划的年度预算与美国国家航空航天局 (NASA) 相当。如果美国愿意领导一个全球探索项目，共同承担空间探索的负担并共享其带来的利益，必将是一种有意义的方式，并带来显著的收益。国际合作适应当今多极世界，积极参与国际合作能够加强地缘政治关系，充分利用全球资源，推进探索事业。

其次,商业航天工业目前是一种新兴的行业。如果美国通过设计空间体系结构,为商业航天提供机会,政府投入的费用或将减少,当然也存在风险。

最后,现在的美国也比 1961 年时更有经验,可以在这些经验的基础上设计空间探索计划。通过巧妙设计,美国可以与合作伙伴建立联盟,充分利用商业航天服务。如果美国不能负担所追求目标的资金,它也应该接受设定较低目标的现状。

美国是否可以在合理保证安全的情况下进行探索?载人航天飞行有很多好处,但它也很危险。不能绝对保证人的安全,但在本报告中,确保安全被视为一个必要条件。在本报告中没有深入细致地讨论安全问题,因为任何缺乏安全的概念都不予考虑。

美国如何进行空间探索来为国家带来最大利益?载人航天项目规划应该从目标的选择开始,而不是针对可能目的地进行选择。目的地应源自目标,备选的探索体系结构可用这些目标进行衡量。现在美国有一个强烈的共识,载人航天的下一步计划是冲出低地球轨道。这应该能为社会带来重要收益,包括:推动技术创新,发展商业航天产业和重要的国家空间能力;增长我们进一步探索的专业知识。人类的探索可以适当促进科学知识的扩展,特别是地球起源方面,而制定一个协调科学和载人航天关系的可信和良好的战略,可以同时有益于科学和载人航天。至关重要的是,载人航天飞行的目标应该与国家关键目标一致。

更多的切实利益存在于一个更大的范围内。探索提供了一个在深入参与国际合作的同时,展示空间领导地位的机会,还将激发下一代科学家和工程师,并塑造人类关于自身在宇宙中地位的看法。委员会认为,人类探索的最终目标是探索太阳系。这是一个雄心勃勃的目标,但是值得美国追求,可使美国在其广泛的国际合作伙伴中确定领导地位。

委员会的任务是评审美国载人航天飞行计划。委员会就目前的

载人航天计划投资对项目进行评估,考虑为未来飞行计划可能需要的能力和技术,并讨论了商业界和国际合作伙伴的作用。根据这些讨论,委员会制定了5个美国载人航天项目的综合备选方案。相关的考虑和5个备选方案在下文进行概述。

指导载人航天飞行计划的关键问题

委员会确定了以下问题,这些问题的答案将成为美国载人航天计划的基础:

1. 航天飞机的未来应该是什么?
2. 国际空间站的未来应该是什么?
3. 下一代重型运载火箭应该基于何种方案开发?
4. 如何将航天员送入低地球轨道?
5. 何种超越低地球轨道的探索策略最可行?

委员会独立地提出和回答了这些问题,并且达成一致。这些问题与答案至少与报告中讨论的载人航天飞行计划的综合备选方案中对其中几个问题的回答同样重要。从针对这些问题各种可能的回答中,可以得出大约3000个备选方案;这份报告提供了5个有代表性的综合备选方案。在这5个方案中,委员会考虑了各种结果间的相互影响,特别是成本与进度。可能存在其他合理的综合选项(每一个都有各自的成本和进度影响),这些也可以作为备选方案。

目前的项目

在谈及未来人类探索计划的备选方案之前,应当先讨论一些目前的项目:航天飞机、国际空间站和“星座”计划,以及迫在眉睫的“断档”问题(“断档”指航天飞机退役与美国新的载人航天能力出现之间的时间间隔)。

航天飞机

航天飞机的未来应该是什么?目前的计划是在2010财年底让航天飞机退役,最后一次飞行被安排在2010财年最后一个月进行。

虽然政府已经放松在 2010 财年底完成最后一次飞行的要求,但 2011 财年的预算中没有为航天飞机飞行任务安排经费。

考虑到航天飞机的未来,委员会评估了目前航天飞机飞行任务表的现实情况,检查了与航天飞机相关的劳动力、可靠性和成本等诸多问题,并且衡量了航天飞机的继续应用可能带来的风险和收益。委员会已经意识到,未来计划安排的航天飞机任务频率是自“哥伦比亚”号航天飞机失事以来飞行任务频率的两倍。委员会认为,不合适的航天飞机任务计划表和经费压力必将带来负面影响。因此,NASA 应该谨慎地选择一个更现实的任务计划表。由于剩余的航天飞机飞行任务有可能延迟到 2011 年第二季度,因此委员会认为有必要为 2011 财年的航天飞机飞行拨款。

尽管航天飞机安全分析并不是本次评审的重点,但是委员会还是检查了航天飞机的安全记录和可靠性。尽管新型载人航天系统一旦研制成功,其可靠性将进一步提高;但是,航天飞机在飞行初期的良好表现令人羡慕。航天飞机飞行过程中所取得的经验和可靠性具有重要价值。

一旦航天飞机退役,美国将存在载人航天飞行能力缺失的断档期。这一断档期将延续到美国下一代载人航天系统投入运营为止。委员会根据现有计划评估认为,这一断档期至少持续 7 年。自美国开始载人航天计划以来,还从来没有过这么长的一段断档期。

支持航天飞机在完成空间运输任务后退役的意见占绝大多数,持这种意见的人倾向于暂时依靠国际航天运输服务。但是,也有一种意见是维持航天飞机的有限飞行任务,从而确保美国向空间运输航天员的能力。如果这一意见得到认可,那么必须对航天飞机的新任务时间表和可靠性进行全面评估,从而确保风险降到可承受的范围内。这一评估必须由独立的委员会进行,其目的在于确保 NASA 在“哥伦比亚”号航天飞机失事后,从事故调查小组的调查报告获取了教训。

国际空间站

关于国际空间站的未来，委员会提出了两个最本质的问题：一是从现在开始到 2015 年这段时间的发展，二是 2015 年后国际空间站将何去何从。

国际空间站，特别是国际空间站的利用，在航天飞机退役后将受到影响。委员会对这一问题非常关注。国际空间站是以航天飞机为前提设计、建造和使用的。当前对国际空间站的利用建立在航天飞机时代的经验基础上。航天飞机退役后，国际空间站将依赖国际商业飞行器进行货物运送，而这些飞行器的可靠性没有经过充分验证。但是商业补给能力对于国际空间站未来的运行和利用至关重要，因此很有必要激励商业航天运输服务商，敦促他们严格按照时间进度表执行任务。

如今，国际空间站的建设已经接近尾声，已经实现了 6 人驻站目标，未来成功的关键在于是否能利用好国际空间站。迄今为止，国际空间站的重点一直是建设，未来的重点将转移到国际空间站的应用。未来的若干年，国际空间站的应用将是工作的重中之重。

委员会认为，国际空间站的运行时间如果延长到 2020 年，其对美国和国际合作者的投资回报将显著提升。显然，如果在耗时 25 年的建设之后仅仅使用 5 年就将其废弃，这一选择是非常不明智的。如果不延长国际空间站的运行时间，必将严重削弱美国开展和领导国际空间合作的能力。进一步讲，必须加大国际空间站的投入，以充分挖掘国际空间站的潜在价值，因为国际空间站是最先进的国家实验室，是发展宇宙空间探索技术的大型试验平台，是拓展国际合作的重要框架。

国际空间站各参与国在合作中建立的坚实的、尝试性的合作关系，也是国际空间站项目的一个重大成果。这一合作关系是美国在当今世界的多极格局中所推崇的“平等至上”(First Among Equals)原则的充分体现。假使当初合作协议的目标包括低地球轨道以远的

空间探索，国际空间站项目参与国在早期研制阶段就参与其中，那么这一合作关系甚至可以扩展到深空探测项目中。

“星座”计划

“星座”计划包括：“阿瑞斯”1 运载火箭，该型火箭可以将航天员送入低地球轨道；“阿瑞斯”5 重型运载火箭，该型火箭可以将航天员和登月设备运往月球；“猎户座”载人探索飞船，该飞船可将航天员送入低地球轨道及以远的空间；以及“牵牛星”月球着陆器和航天员探索月球所需的月表系统。委员会对“星座”计划的目前状况和未来发展进行了评估，并评审了该项目面临的技术、预算和工程进度等方面的挑战。

根据最初的预期，“星座”计划是一个合理的载人探索体系结构。尽管如此，自“星座”计划制定和公布以来，其预算就建立在航天飞机 2010 年退役和国际空间站 2016 年初退役所腾挪出来经费的基础上。自那时起，由于技术和预算原因，“阿瑞斯”1 火箭和“猎户座”飞船的研发时间表就被推迟，“阿瑞斯”5 火箭和“牵牛星”月球着陆器的研制工作也被延后。

绝大多数的重大航天器发展项目都会面临技术问题，这是研发过程的常态，“星座”计划也不会例外。但这些仅仅是工程上的问题，委员会认为这些问题是可以解决的。但是这些问题的解决必将增加经费投入，并拖延工程进度。

2005 年的一份进度表显示，“阿瑞斯”1 火箭和“猎户座”飞船将在 2012 年支持国际空间站任务，即航天飞机退役后 2 年。当前的进度表将这一时间修改为 2015 年。一份关于“星座”计划的技术、预算和日程风险的独立评估显示，这一时间可能还需要至少推迟 2 年。这将意味着，如果国际空间站按时退役，“阿瑞斯”1 火箭和“猎户座”飞船将不能执行国际空间站任务。而美国运送航天员进入空间的能力断档期将持续至少 7 年。

委员会还对“猎户座”飞船的设计和研发进行了审查。对于载人

航天探索工具来说,很多概念都是可行的。确定无疑的是,NASA 需要一个新型的载人航天器,从而进入低地球轨道以远的空间。委员会没有找到任何证据,证明“猎户座”飞船当前的设计不适应未来空间探索项目的诸多任务。尽管如此,委员会仍然对“猎户座”的运营成本非常关心。“猎户座”飞船比以往任何载人飞船(如“阿波罗”飞船)都要更大、更重;但是有意见指出,更小和更轻的 4 座设计方案可以减少运营成本。但是,对这一复杂系统进行重新设计,或将使研发周期再拖延 1 年,而且会使成本显著增加。所以,在重新设计的想法正式付诸实施之前,必须持谨慎态度。

低地球轨道及以远空间的发射能力

重型运载火箭的低地球轨道及以远空间的发射能力

没有人知道未来探索任务所需求部件的最大质量或尺寸是多少,但是发射到低地球轨道的所需部件的质量很可能将大大超过 25 吨,即超过当前运载火箭的发射能力。随着运载火箭尺寸的增大,致使需要更少次数的运载火箭发射,并降低了组装和燃料补给,而且使净发射能力增加。综合考虑到发射的有效性和在轨操作任务,委员会认为,探索任务使用重型运载火箭将获得益处。此外,重型运载火箭将使发射大型科学观测器和进行更大能力的深空飞行任务成为可能。这也可能对国家安全应用方面提供好处。问题是:下一代重型运载火箭应该基于什么系统进行研发?

研制重型运载火箭的备选方案是根据 NASA 系列(航天飞机和“阿波罗”)以及 EELV(渐进一次性运载火箭)系列。(如表 2 所示)这两种系列各有其明显的优点和不足。在由“星座”计划的“阿瑞斯”5+“阿瑞斯”1 系统中,由“阿瑞斯”1 发射的“猎户座”飞船和由“阿瑞斯”5 发射的“牵牛星”着陆器在低地球轨道进行对接。它的设计优势是上升段能够保证航天员的高安全性,但是它延误了“阿瑞斯”5 火箭的研发进度,因为要先研发成功独立运行的“阿瑞斯”1 火箭。

表 2 EELV 和 NASA 系列重型运载火箭的特性

| 运载火箭型谱 | | | 低地球轨道发射质量 |
|-------------------|------------|---------------|------------|
| NASA 系列 | “阿瑞斯”系列 | “阿瑞斯”5+“阿瑞斯”1 | 160 吨+25 吨 |
| | | “阿瑞斯”5 Lite | 140 吨 |
| | 由航天飞机衍生的系列 | | 100~110 吨 |
| 渐进一次性运载火箭(EELV)系列 | | | 75 吨 |

“猎户座”飞船和“牵牛星”月球着陆器由两个不同的、但具有相关结构的,两个独立“阿瑞斯”5 Lite 型的运载火箭发射,可以提供更可靠的有效运载质量。NASA 任用单一型号的运载火箭可以减少发射和运营的成本,并且加快重型运载火箭的研发进度。在这两种“阿瑞斯”系统的备选方案中,委员会认为,双模式的“阿瑞斯”5 Lite 是首选的参考方案。

衍生于航天飞机的运载系统由纵向安装推进器和侧面安装推进器构成,这两种推进器直接源自航天飞机,可保证生产的连续性。因此航天飞机衍生运载系统的研发经费将更低,但会比“阿瑞斯”5 系列火箭的运载能力小,并且运营成本较高。衍生方案火箭的低运载能力最终可由研制在轨燃料加注系统弥补。

与“阿瑞斯”系列火箭相比,EELV 系列火箭的运载能力最小,要实现相同的发射效果,其发射次数需要进行计划次数的两倍。如果在轨燃料补给系统被研发并使用,运载火箭的发射次数可能会减少,但操作复杂性会增加。然而,EELV 方案为 NASA 提供了一种新的运行方式,这可能带来降低研发和运行成本的好处。但是这种方案的代价是:很可能牺牲 NASA 固有的航天运载研制和发射能力,这还需要 NASA 与国防部联合开发新的系统。

所有的备选方案都将受益于空间燃料补给系统的研发,并且低运载能力的火箭受益更多。政府保证的潜在的低地球轨道燃料加注市场将极大地激励商业发射工业。

委员会对于传统设计在可靠性成本、运行效率和生命周期成本方面的最终性能表现都十分警惕。

运送航天员到低地球轨道

应该如何将美国航天员运至低地球轨道？有两种基本的实现途径：政府运行的运送系统和商业运行的航天员运送服务。目前“星座”计划的目的是利用政府运行的“阿瑞斯”1 运载火箭和“猎户座”飞船。但是，委员会发现由于技术和预算问题，“阿瑞斯”1 的研制进度表已不再支持国际空间站的航天员运送。

为了能够在进入低地球轨道时，提供比现在风险水平更低且可靠性更高的运送系统“阿瑞斯”1 火箭的安全性设计标准很高。要达到这一目标，它使用一种高可靠性运载火箭和一个带有发射逃逸系统的飞船。但是其他高可靠性的运载火箭和配有逃逸系统飞船的组合备选方案，也能够提供这种高可靠性。委员会不能确定已对其他备选方案有充分了解，从而从安全性级别的角度对现有方案和备选方案加以区分。

美国需要一种将航天员运送到低地球轨道的方法，但它不一定必须由政府提供。目前，在从复杂的、可重复使用的航天飞机方案返回到一个更加简单的、更小的飞船方案时，也许是时候考虑把航天员运送服务转移到商业服务部门。这种做法并非没有技术和项目风险，但它创造了降低运行成本的可能性，并可能加速美国在 2016 年前进入低地球轨道的可能性。委员会建议为航天员空间运送服务建立新的竞争机制，允许大型企业和小型企业都可以参与进来。

降低空间探索的成本

空间探索的成本主要由低地球轨道发射活动和空间系统的成本构成。在发射频率明显增加之前，发射成本很难在短期内显著降低，也许通过扩大商业空间发射活动能够实现。但国家将如何鼓励商业发射活动？在 20 世纪 20 年代，联邦政府授出了一系列航空邮件担保合同，刺激了航空工业的发展。委员会认为，采用与担保合同

相似的空间探索政策,将能够形成一个强有力并且充满竞争的商业航天工业。商业航天活动可能包括:支持往返国际空间站的货运服务(NASA 与工业界已开展相关计划——见表 3)、航天员运送和燃料运输。建立这样的商业服务将会增加发射数量,潜在地降低 NASA 以及其他发射服务合同商的运营成本。商业发射服务将有利于 NASA 投身于更有挑战性的工作,集中精力做好自身更为擅长的的工作。例如,研究前沿的技术和概念,精心制定计划,审查空间探索系统的研发和运行。

表 3 2008 财年 NASA 授权和拨款法案以及其他关于商业空间利用和商业空间运输能力的国家政策中的国会指导

2008 授权法案

(a) 通则:为了鼓励空间的商业利用,充分发挥国际空间站的作用,促进航天员运输和救援的商业开发,NASA 应当:

- (1) 如果商业航天运输服务能够满足 NASA 发射、返回以及与空间站交会对接的安全要求,最大可能地利用商业服务提供国际空间站的乘员运输和救援服务;
- (2) 一旦商业乘员运输和救援服务满足安全要求,最大可能地限制乘员探索飞行器在执行运送航天员到低地球轨道以远任务中的使用;
- (3) 在符合美国法律的情况下,最大程度地推进 NASA 的相关技术向潜在的美国商业乘员运输及救援服务提供者的转移;
- (4) 在制定本法案后的 180 天内,发布通告,与 2 家以上的商业实体,就“商业轨道运输服务乘员运载飞船演示项目”第一阶段,制定一个有资金支持的航天法案协议。

2008 拨款法案

“鼓励 NASA 尽快执行商业航天货物和乘员运输方案”

国家安全总统条令—49

“……各部门将最大可能地利用空间能力和服务。”

20 世纪 20 年代,联邦政府也支持增加对航空运输技术的投资。因此,委员会强烈认为,NASA 是时候需要重新审视其在研发空间新技术方面至关重要的角色了。今天,能够用于探索系统的方案极其有限,这是因为,过去数十年间,在技术开发方面缺乏战略投资。

NASA 现在有机会制定新的技术路线图，该路线图将与持续数十年的探索任务关联在一起。假如得到足够的投资，技术发展项目将重新激发并吸收来自美国大学、工业界以及 NASA 的创新思想。投资应该用于增强未来空间探索的能力并降低成本。这将有利于载人和机器人探索、商业空间机构以及美国政府的其他用户。

空间探索的未来目标

人类将采取什么战略开展低地球轨道之外的深空探索？人们可以通过多种途径进行太阳系空间探测，特别是以下几个：

- 火星优先 登陆火星可能先要在月球进行设备和程序的简单测试。
- 月球优先 在月球表面的探测将重点发展未来探测火星的能力。
- 灵活路径 探测太阳系其他位置。例如，月球轨道、近地目标、拉格朗日点、而后是探测月球表面或者火星表面、火星卫星探测。

相对于其他空间目标，载人登陆火星明显具有更强的诱惑力。火星无疑是太阳系内最具有科学价值的探测目标，这是因为火星具有与地球相似的演化历史。它还拥有维持生命和进化的资源。假如人类计划在别的行星表面长期生存，那么最可能的就是火星。但是，借助现有技术且没有足够的资源投入，人类很难实现登陆火星。委员会认为，火星将是载人深空探测的最终目的地，但是并不是最佳的首选目标。

那么，如果先开展载人登月，然后登陆火星将如何？通过首先探索月球，美国可以开发用于登陆行星、脱离行星以及在行星表面工作所需要的技能和技术。在这一过程中，美国能够获得有关人类适应在其他行星的相关知识，这将有助于人类登陆火星。目前，主要有两种月球探索战略。两者都要先对月球不同地点开展短期登陆，以侦察地形，并且验证月球着陆和发射系统。其中一种战略是未来将在月球表面建立一个基地。人类通过多次任务，在月球建立一个小型适宜生存的栖息地。探索者将会在那里居住数月，开展科学研究以及探测并开

采能够用做能源的各种资源。另外一种战略是在月球不同地点进行数次短期登陆,并在每个地方花费数周或者数月。这些短暂探测活动将需要更多设施,但将会更加详细地探测不同的地点。

还会有第三种方式实现载人深空探测。这种方式被委员会称为“灵活路径”。在该方式下,人类将探测以前未探测过的地方,通过这种形式,不断扩展人类空间活动的知识,同时不断探测距离地球越来越远的地点。后续的任务包括:月球轨道、拉格朗日点(该点为科学观测和未来空间运输设施的一个重要宇宙点)、近地目标(通过地球轨道的小行星和彗星)、火星轨道。最终,人类将进入火星的卫星,然后利用短暂的通信时间,使用遥控机器人实现火星表面的探索。由于资金导致载人登陆系统研发的推迟,至少在初期,航天员将不能登陆月球和火星表面。

“灵活路径”描绘了一个不同的探索战略。该战略允许人类学会如何在空间生存和工作,探测小行星,以及在行星表面借助机器人探测器开展工作。它将给人们和其他参与者一系列“第一”的挑战来激励他们的持续参与。更重要的是,由于该种战略较为灵活,它允许有多种探测选择,包括一次月表往返和一次火星着陆。

委员会认为“月球优先”以及“灵活路径”两种战略具有很强的可行性。在登陆火星前,两种战略并不相互排斥。在登陆火星前,人类可以不断扩展宇宙探索范围,也可以通过月表活动获取更多经验。

综合计划备选方案

委员会已为载人航天计划确定了五个主要的备选方案。其中包括一个基线方案。委员会认为,该方案是按目前计划发展可执行的一种方案,需要资助以实现所述的探索目标。此外,还有其他四个备选方案。这些备选方案见表 4。

委员会被要求提供两个能适用于 2010 财年预算描述的方案。这种方案的投资到 2014 年是较平稳的、略有下降,但到 2014 年后将以

表 4 综合计划备选方案概览

| | 预算 | 航天飞机寿命 | 空间站寿命 | 重型运载 | 低地球轨道 航天运送 |
|--------------------------|---------|--------|-------|--------------------|------------------|
| 约束方案 | | | | | |
| 方案 1: 已规划的计划(约束) | 2010 财年 | 2011 | 2015 | “阿瑞斯”5 | “阿瑞斯”1+ “猎户座” |
| 方案 2: 国际空间站+登月(约束) | 2010 财年 | 2011 | 2020 | “阿瑞斯”5 Lite | 商业 |
| 优先登月方案 | | | | | |
| 方案 3: 已规划的基线计划 | 较少约束 | 2011 | 2015 | “阿瑞斯”5 | “阿瑞斯”1+ “猎户座” |
| 方案 4A: 优先登月-“阿瑞斯” Lite | 较少约束 | 2011 | 2020 | “阿瑞斯”5 Lite | 商业 |
| 方案 4B: 优先-航天飞机延寿 | 较少约束 | 2015 | 2020 | 航天飞机衍生型+空间加注 | 商业 |
| 灵活路径方案 | | | | | |
| 方案 5A: 灵活路径方案-“阿瑞斯” Lite | 较少约束 | 2011 | 2020 | “阿瑞斯”5 Lite | 商业 |
| 方案 5B: 灵活路径-渐进一次性火箭传统型 | 较少约束 | 2011 | 2020 | 75 吨 EELV+ 空间加注 | 商业 |
| 方案 5C: 灵活路径-航天飞机衍生型 | 较少约束 | 2011 | 2020 | 航天飞机衍生型+空间加注 | 商业 |

注: 已规划的计划备选方案(方案 1 和方案 3)不包含技术计划, 所有其他方案都包括技术计划。

每年 1.4 % 的速度递增, 比原先估计的每年 2.4% 的增长率略低。

方案 1: 委员会评估的已规划的计划受 2010 财年预算的约束。该方案是已规划的计划, 委员会认为只有两处有必要调整: 为航天飞机提供资金到 2011 财年, 准备预算充足的资金使国际空间站在 2016 年脱离轨道。按预算约束, “阿瑞斯”1 和“猎户座”要到国际空间站脱离轨道后才能准备好。“阿瑞斯”5 重型运载火箭要到 21 世纪 20 年代末才能准备好, 更严重的是, 至少到 21 世纪 30 年代末前, 没

有充足的资金发展月球登陆器和月球表面系统。

方案 2:国际空间站和月球探索受 2010 财年预算的约束。该方案将国际空间站延寿到 2020 年,并开始利用“阿瑞斯”5Lite 型运载火箭开始一项月球探索计划。该方案假设 2011 财年航天飞机退役,并包括一项技术发展计划,该计划用于开发低地球轨道航天员商业运输服务,并为增强国际空间站的应用提供资金。该方案要到 21 世纪 20 年代末才能交付重型运载能力,并且在未来 20 年将没有资金发展登月或探月所需的系统。

剩下的三个备选方案适于采用不同的预算——委员会认为其中的一个备选方案更适用于旨在将人送入低地球轨道以远的探索计划。该预算比目前的 2010 财年预算增加 30 亿美元,然后随着通货膨胀的增长,在 2014 年前以每年 2.4% 的速率增长。

方案 3:基线型备选方案——可按已规划的计划执行的备选方案。这是一种可按已规划的计划执行的备选方案。包括具体的计划内容和程序——在 2016 年使国际空间站脱离轨道,开发“猎户座”飞船、“阿瑞斯”1 火箭和“阿瑞斯”5 火箭,开始月球探索。委员会认为另有两点也是至关重要的:为 2011 年完成航天飞机飞行提供预算经费,为国际空间站的 2016 年脱轨提供预算经费。委员会的评估是,根据预算资金情况,该方案将在 2017 财年交付“阿瑞斯”1/“猎户座”系统,在 21 世纪 20 年代中期实现载人登月往返。

方案 4:月球优先。该方案将月球作为低地球轨道以远载人探索的首选目的地,并将国际空间站延寿至 2020 年,资助技术发展,使用商业运载火箭完成低地球轨道的载人任务。该方案有两个截然不同的方向选择。两个选项都将开发“猎户座”飞船和“牵牛星”月球着陆器。

方案选择 4A:“阿瑞斯”5Lite 型。在 2011 财年退役航天飞机并发展“阿瑞斯”5Lite 重型登月探索火箭。**方案选择 4B:**航天飞机延寿型。该变种是唯一可预见的消除美国载人发射能力断档的方法:以

最低限度的安全飞行率将航天飞机延寿到 2015 年。同步发展由航天飞机直接衍生的重型运载火箭。方案 4 的两个方向选择都可在 21 世纪 20 年代中期实现载人登月。

方案 5: 灵活的方式。该方案将遵循灵活的路径作为一种探索策略。该方案将航天飞机运营到 2011 财年, 将国际空间站延寿至 2020 年, 资助技术发展和开发低地球轨道商业载人服务。该方案有三个方向选择, 三个选项都使用“猎户座”飞船, 主要区别在重型运载火箭。

方案选择 5A: “阿瑞斯”5Lite 型。该方案选择发展运载能力最强的“阿瑞斯”5Lite。方案选择 5B 采用 EELV 衍生型商业重型运载火箭, 并将改变和显著弱化 NASA 在发射任务中的地位。其优点是运营费用显著降低, 但需要对 NASA 进行大的机构重组。方案选择 5C 使用航天飞机直接衍生型, 最大限度地利用现有的基础设施和能力。

方案 5 的所有方案选择都是在 21 世纪 20 年代前采取“灵活的途径”开始探索, 飞经月球、访问拉格朗日点和近地球目标以及飞经火星等任务, 以每年一次重大任务的速度执行, 并在 21 世纪 20 年代中后期实现与火星的交会或载人登月。

委员会已给出两个可执行的方案符合 2010 财年预算的要求。但是, 这两个方案都不是好的探索计划。事实上, 委员会发现没有计划能在 2010 财年预算下, 符合对持续开展载人探索有价值的要求。

委员会进而发现, 如果在 2010 财年预算的基础上将每年的预算提高 30 亿美元, 有可能执行一项可行的探索计划。以这样的预算水平, 登月优先战略和“灵活的方式”战略能按合理的(尽管有些挑战性的)时间表执行。委员会认为, 这种将成为国家骄傲源泉的探索计划需要这种水平的投资。

关于组织和规划问题

NASA 该如何组织空间探索? NASA 的领导者需要被赋予管理 NASA 的资源(包括人力资源和机构)的权利。即使是管理最好的载

人航天计划也会遭遇到发展的问题。载人航天计划需要得到充分的经费支持,包括为不可预见和无法预见情况的资金储备。当经费不能从一条载人航天预算线转移到别的方面,或新的经费要在经过两年的拖延才能得到(如果有的话)的时候,良好管理变得尤其艰难。NASA 应被给予法律许可范围下最大可能的灵活性,以建立和管理它的体系。

总之,卓著的空间成就需要多年持续不断的支持。“频繁地把鲜花从土壤中拔出,来检查其根部是否健康”的方式是不可能获得成功的(本委员会的评审行为可能也会被部门认为是这种方式)。NASA 和它的载人航天计划需要资源和方向的稳定性。

主要调查结论的总结

委员会总结的关键结论如下。另外的结论包含在报告中。

正确的使命和适度的规模:NASA 的预算应该与其使命和目标相一致。此外,NASA 应被给予一定能力,相应的调整其机构和组织以维护被认为是国家级重要的设施。

国际伙伴关系:在人类探索空间领域,美国可以领导大胆的新型国际合作。如果国际伙伴积极参与,包括积极参与成功的“关键路径”,美国将会获得外交关系的坚实利益,也会得到更广更多的资源。

短期航天飞机计划:当前的航天飞机飞行安排必须以安全谨慎的方式进行。当前的飞行安排很可能会延长到 2011 财年的二季度。为这种可能性做好预算是很重要的。

载人航天飞行断档:在当前情况下,美国的载人航天能力断档将会延长至 7 年。委员会没有发现任何可靠的方法可以获得将该间隙缩短至 6 年以内的新能力。唯一的办法就是延长航天飞机的服役期。

国际空间站延寿:国际空间站延寿,将会显著增长美国及国际伙伴的投资回报。不延长国际空间站的运行将会显著削弱美国获得以及领导未来国际航天飞行伙伴的能力。

重型运载火箭:发射重型火箭至低地球轨道以及将重型载荷远离地球将有利于空间探索,也有益于国家空间安全和科学界。委员会评审了“阿瑞斯”系列火箭、直接衍生于航天飞机的运载器以及源于 EELV 系列火箭的运载火箭,每种方法在商业能力、全寿命周期费用、操作复杂性等方面都有各自的优缺点,也会影响到 NASA 的计划和“商业运作模式”。

低地球轨道航天员商业化运送服务:采用商业服务将航天员运至低地球轨道是可以做到的。尽管具有一些风险性,但与政府提供的运送能力相比,它能提供较低的初始成本和全寿命周期费用。在适当激励下,新的竞争将会面向美国所有的航空航天公司。这将能使 NASA 专注于更有挑战性的任务,包括随着当前或改进型“猎户座”飞船的发展,进行低地球轨道以远的载人探索。

探索技术发展和商业航天:对精心设计的空间技术项目进行充分投资关系到探索领域的进展。如果所需的技术已经提前发展,探索战略可以进行得更迅速、更经济。技术投资也将使机器人探索、美国商业航天工业和其他政府用户受益。

火星之路:火星是载人探索的终极目标,但它并非最佳的首选目标。“重返月球”及“灵活路径”探索计划都是可行的探索策略。这两者并不互相排斥。到达火星之前,人类既可以在自由空间扩展人类足迹,也能获得月表工作经验。

载人航天计划的备选方案:

- 在 2010 财年预算水平下,低地球轨道之外的载人探索是不可行的。

- 有意义的载人探索在一个宽松的预算下是可行的,即在 2010 财年基础上,每年预算大约增加 30 亿美元。

- 逐步增加的预算将允许进行探索月球计划或者“灵活路径”策略下的其他探索计划。这些计划都可以在合理的时间期限内产生预期的结果。